

AKTIVITAS ANTI JAMUR 2,3-dihidroksipentadekanoat DARI KAYU MAHALILIS (*Palaquium* sp.)

Renhart Jemi¹, Wasrin Syafii², Fauzi Ferbianto², Muhammad Hanafi³

¹Mahasiswa Progam Studi Teknologi Serat dan Komposit Sekolah Pascasarjana IPB
Jl. Darmaga Kampus IPB, Bogor. email renhartjemi@yahoo.com

²Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong
Kawasan Puspitek, Serpong 15314

Diterima : 24 Februari 2012; Disetujui : 19 Maret 2012

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kandungan senyawa bioaktif dari ekstrak kayu mahalilis (*Palaquium* sp.) dan mengidentifikasi senyawa bioaktif tersebut sebagai anti jamur. Kayu mahalilis dimaserasi dengan MeOH selanjutnya dipartisi secara bertingkat dengan pelarut n-heksan, CHCl_3 , EtOAc, dan n-BuOH. Hasil pengujian anti jamur, menunjukkan partisi CHCl_3 teraktif dibandingkan partisi n-heksan, EtOAc, n-BuOH, residu serta kontrol negatifnya (CCB dan itraconazole). Permurnian partisi CHCl_3 dengan kromatografi kolom menghasilkan lima fraksi (M-1– M-5). Fraksi M-2 teraktif mampu menghambat pertumbuhan jamur *Schizophyllum commune* Fries dengan $\text{IC}_{50} = 56$ ppm dan *Pleurotus ostreatus* dengan $\text{IC}_{50} = 55$ ppm. Fraksi M-2 berupa minyak dengan berwarna kuning coklat pekat. Fraksi M-2 diidentifikasi dengan LC-MS dan ^1H NMR, senyawa anti jamurnya adalah 2,3-dihidroksipentadekanoat.

Kata kunci: *Palaquium* sp., anti jamur, *Schizophyllum commune* Fries, *Pleurotus ostreatus*, 2,3-dihidroksipentadekanoat.

ABSTRACT

The objectives of this research were to evaluate the extractive content of hardwood of mahalilis wood (*Palaquium* sp.) and identification of bio-active compounds wood decay fungi. Mahalilis wood was macerated with MeOH and then partitioned in stages with the n-hexane, CHCl_3 , EtOAc and n-BuOH, respectively. The result of antifungal test, show the most active

fraction CHCl_3 , compared fraction and negative controls (CCB and itraconazole). Purification of CHCl_3 fraction was column chromatographed produced five fraction (M-1- M-5). The M.2 active fraction shown inhibited the growth to *Schizophyllum commune* Fries with IC_{50} is 56 ppm and *Pleurotus ostreatus* with $\text{IC}_{50} = 55$ ppm. The M.2 fraction of dark brownish yellow color oil, was identified by LC-MS and ^1H NMR, as 2,3-dihydroxypropylpentadecanoate.

Key words: *Palaquium* sp., antifungal, *Schizophyllum commune* Fries, *Pleurotus ostreatus*, 2,3-dihydroxypropylpentadecanoate.

PENDAHULUAN

Jamur pelapuk kayu merupakan organisme perusak kayu yang sangat merugikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka kayu harus diawetkan. Akan tetapi bahan pengawet yang dipergunakan saat ini lebih banyak menggunakan pengawet sintetik, dimana bisa berdampak pada pencemaran lingkungan. Untuk itu perlu dicari bahan alternatifnya, yang bersifat *biodegradable*, bahannya mudah diperoleh dan dapat diperbaharui. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan anti jamur adalah zat ekstraktif dari kayu. Zat ekstraktif merupakan senyawa metabolik sekunder yang berfungsi ekologis⁽¹⁻⁷⁾. Zat ekstraktif dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet kayu, khususnya untuk jamur yang menyerang kayu atau istilahnya senyawa anti jamur. Zat ekstraktif telah banyak diteliti sebagai bahan anti jamur⁽⁸⁻¹⁹⁾.

Hutan tropis di Indonesia kaya akan jenis kayu yang memiliki keawetan alami terhadap serangan organisme perusak kayu. Salah satunya

adalah kayu mahalilis (*Palaquium* sp.). Kayu ini termasuk famili Sapotacea. Beberapa kayu jenis ini telah dilakukan penelitian, seperti fraksi ekstrak etil eter kayu teras *P. gutta* Ball bersifat toksik terhadap rayap tanah (*C. curvianthus* Holmgren) pada konsentrasi 25% ⁽²⁰⁾. Ekstraktif kayu nyatoh termasuk famili Sapotacea mampu menghambat pertumbuhan rat liver 5 α -reductase sebesar 25% ⁽²¹⁾. *P. gutta* termasuk kelas awet II terhadap serangan jamur pelapuk kayu (Suprati 2010). Ekstrak kulit kayu *Palaquium* sp. mengandung senyawa alkaloid yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri ⁽²²⁾.

Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis kayu ini mempunyai potensi bioaktif. Akan tetapi aktivitas sebagai anti jamur pelapuk kayu pada jenis kayu ini belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi dan identifikasi senyawa anti jamur pelapuk kayu pada kayu mahalilis.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu teras mahalilis yang diperoleh dari hutan alam di Desa Hanua Ramang Kabupaten Pulang Pisau Propinsi Kalimantan Tengah. Kayu mahalilis diidentifikasi di Pusat penelitian Biologi LIPI Cibinong, untuk menentukan nama ilmiah yang tepat.

Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa anti jamur menggunakan *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS) dan *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR).

Metoda

Ekstraksi. Metoda maserasi, partisi dan fraksinasi mengacu prosedur ^(23,18). Sebanyak 2000 g serbuk (40 mesh) kayu mahalilis dimaserasi dalam 6 liter MeOH (perbandingan 1:3, b/v), pada suhu ruangan selama 48 jam. Setelah pelarut diuapkan pada tekanan rendah dan suhu 40°C, diperoleh ekstrak MeOH (143,43 g) berwarna coklat pekat. Sebanyak 100 mL ekstrak MeOH dilakukan partisi secara bertingkat, dengan pelarut n-heksana, kloroform (CHCl₃), etil asetat (EtOAc) dan n-

butanol (n-BuOH). Hasil partisi diuapkan pada tekanan rendah diperoleh ekstrak n-heksana (1.15 g), CHCl₃ (89.06 g), EtOAc (44.65 g), n-BuOH (4.17 g) dan residu (4.39 g). Partisi CHCl₃ terpilih dilakukan isolasi, karena jumlah rendemen partisi CHCl₃ lebih banyak dan hasil pengujian anti jamurnya menunjukkan keaktifan mampu menghambat pertumbuhan jamur *S. commune* dengan nilai IC₅₀ = 60 ppm dan *P. ostreatus* IC₅₀ = 53 ppm. Sebanyak 1.06 g ekstrak partisi CHCl₃ dimurnikan melalui kolom kromatografi. Eluen yang digunakan adalah MeOH:CHCl₃ dengan sistim gradien. Fraksi-fraksi diperoleh digabungkan berdasarkan kromatografi lapis tipis (KLT), menghasilkan lima fraksi utama yaitu M.1 (42 mg), M.2 (453,80 mg), M.3 (55,90 mg), M.4 (124,80 mg), M.5 (16,20 mg). Fraksi M-2 terpilih dilakukan identifikasi senyawa anti jamur dengan menggunakan LC-MS dan spektra ¹H NMR

Pembiakan Jamur Pelapuk Kayu

Pengujian aktifitas anti jamur dilakukan pada semua zat ekstraktif hasil proses ekstraksi. Dua jenis jamur pelapuk putih yang digunakan pada pengujian jamur yaitu *S. commune* dan *P. ostreatus*, yang diperoleh dari Laboratorium Penyakit Hutan Fakultas Kehutanan IPB ⁽²⁴⁾. Jamur tersebut terlebih dahulu diremajakan dengan membiakkan pada media tumbuh selama 7 hari. Dalam 1 liter media tumbuh mengandung 50 g glukosa, 120 g ekstrak onion, 0.3 g K₂HPO₄, 0.2 g MgSO₄·7H₂O, 5 g polypeptone, dan 30 g tepung agar-agar pada pH 5.6 ⁽²⁵⁾.

Pengujian Aktivitas Anti Jamur

Cawan petri yang berisi media PDA dan ekstraktif di-autoclave selama 15 menit pada suhu 120°C dengan tekanan 1 atm ⁽²⁵⁾. Kemudian media tersebut diinokulasi jamur *S. commune* dan *P. ostreatus*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 25°C selama 7 hari pada ruangan gelap. Konsentrasi fraksi yaitu: 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm. Bahan pengawet CCB dan itraconazole digunakan sebagai kontrol negatif dengan konsentrasi 10 ppm, Masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Pertumbuhan miselium jamur dievaluasi pada akhir masa inkubasi dengan mengukur diameter pertumbuhannya dan dibandingkan dengan pertumbuhan miselium

kontrol. Dasar penentuan aktivitas anti jamur menggunakan rumus yang dikembangkan oleh⁽²⁶⁾ sebagai berikut:

$$\text{Persen penghambatan} = \{(C-T)/C\} \times 100\%$$

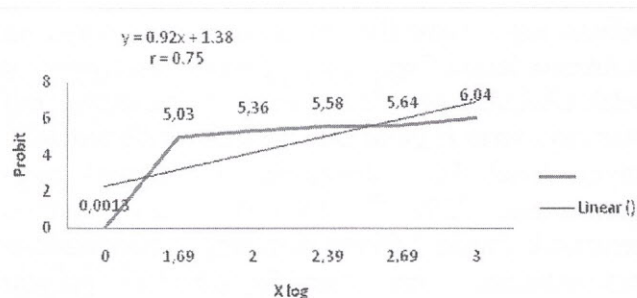
Dimana, T adalah luas miselium pada cawan petri perlakuan, C adalah luas miselium pada cawan petri kontrol. Selanjutnya persentase penghambatan dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier $Y = aX + b$, untuk mengetahui nilai $IC_{(50)}$ ⁽²⁷⁾.

HASIL DAN PEMBAHASAN

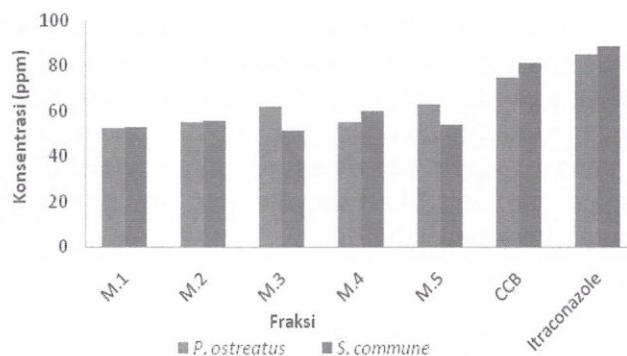
Sifat Anti Jamur Fraksi M.1-M.5

Ke lima (M.1-M.5) fraksi dari partisi $CHCl_3$ selanjutnya dilakukan uji anti jamur untuk mengetahui keaktifan fraksinya. Fraksi M.1-M.5 mampu menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu *S. commune* dengan nilai $IC_{(50)} = 53-60$ ppm dan *P. ostreatus* $IC_{(50)} = 53-63$ ppm. Dibandingkan dengan kontrol negatifnya CCB hanya mampu menghambat pertumbuhan jamur *S. commune* $IC_{(50)} = 82$ ppm dan *P. ostreatus* $IC_{(50)} = 75$ ppm. Pada kontrol negatif itraconazole, hanya mampu menghambat pertumbuhan *S. commune* $IC_{(50)} = 85$ ppm dan *P. ostreatus* $IC_{(50)} = 89$ ppm. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi M.1-M.5 mengandung potensi senyawa bioaktif anti jamur pelapuk kayu. Urutan keaktifan dari ke lima fraksi tersebut yaitu M.1 paling aktif, kemudian M.2, M.3, M.4 dan M.5.

Salah satu contoh cara perhitungan nilai $IC_{(50)}$ yaitu pada partisi $CHCl_3$ yang diuji pada jamur *P. ostreatus*. Nilai konsentrasi partisi $CHCl_3$ ditransformasikan ke X log, dan data persentase penghambatan pertumbuhan *P. ostreatus* terhadap konsentrasi partisi $CHCl_3$ ditransformasikan ke Y Probit berdasarkan nilai table transformasi persentase probit⁽²⁷⁾. Selanjutnya dianalisis dengan regresi linier. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 1. Dimana model regresinya $y = 0,92x + 1,38$, $X = (50 - 1,38) / 0,92$, $X = 52,79$ ppm dibulatkan $X = 53$ ppm. Artinya konsentrasi 53 ppm partisi $CHCl_3 = 0,053$ mg/g, merupakan konsentrasi yang optimal menghambat pertumbuhan jamur *P. ostreatus* sebesar 50%. Hasil pengujian fraksi M.1-M.2 dari partisi $CHCl_3$ pada jamur *S. commune* dan *P. ostreatus* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Model regresi linier untuk mengetahui nilai $IC_{(50)}$ partisi $CHCl_3$ terhadap penghambatan pertumbuhan jamur *P. ostreatus*

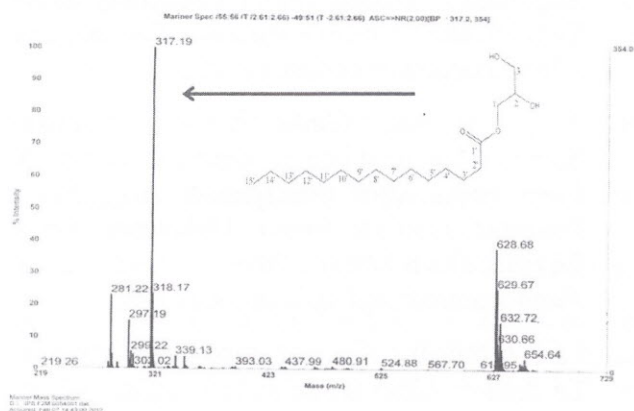


Gambar 2. Kurva nilai $IC_{(50)}$ pertumbuhan jamur *S. commune* dan *P. ostreatus* pada fraksi M.1-M.5 dari partisi $CHCl_3$ ekstrak kayu mahalilis.

Identifikasi Senyawa Anti Jamur

Fraksi M.1 merupakan fraksi teraktif pada pengujian anti jamurnya, tetapi fraksi M.2 yang terpilih dilakukan analisis LC-MS dan NMR, karena berdasarkan hasil analisis KLT menunjukkan spot tunggal dengan $R_f = 0,69$ dan rendemennya cukup banyak yaitu sebesar 453,80 mg. Disamping itu fraksi M.2 merupakan fraksi teraktif kedua setelah fraksi M.1. Fraksi M.2 mampu menghambat pertumbuhan jamur *S. commune* dengan nilai $IC_{(50)} = 56$ ppm dan *P. ostreatus* $IC_{(50)} = 55$ ppm. Analisis LC-MS pada fraksi M.2 terdeteksi adanya 4 puncak. Puncak dengan waktu tertinggi pada T2.6 (intensitas 100%, waktu retensi 2,8) terdapat 6 ion. Ion senyawa M.2 terdeteksi mode ada 4 ion positif. Puncak tertinggi pada ion molekul terprotonasi $[M+H]^+$ dengan berat molekul 317,19 m/z, selanjutnya puncak dimer ion molekul $[2M]^+$ dengan berat molekulnya 632,72 m/z dan puncak terendah pada ion $[2M-H+Na]^+$ dengan berat molekul 652 m/z, secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1 dan spektrumnya pada Gambar 3. Data berat molekul

ini sebagai dasar pendukung identifikasi dengan NMR. Senyawa M.2 berbentuk minyak berwarna kekuningan coklat pekat dengan *melting point* 441,09°C. Hasil indentifikasi struktur molekul dengan spektra ^1H NMR (Gambar 4), diringkaskan pada Tabel 2, dan bentuk strukturnya dapat dilihat pada Gambar 5.

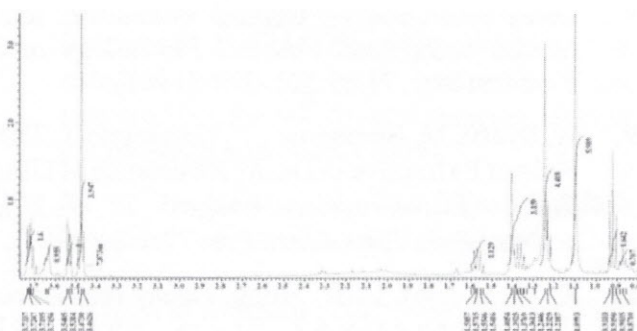


Gambar 3. Spektrogram LC-MS fraksi M.2 dari partisi CHCl_3 ekstrak kayu mahalilis. Puncak tertinggi yaitu $[\text{M}+\text{H}]^+$ dengan ion molekulnya 317,19 m/a yang merupakan berat senyawa M.2.

Tabel 1. Ion positif fraksi M.2

Ion	m/z
$[\text{M}+\text{H}]^+$	317,19 ^a
$[2\text{M}]^1$	632,72
$[2\text{M}-\text{H}+\text{Na}]^1$	652

Keterangan: ^a berat melekul senyawa anti jamur.



Gambar 4. Spektrogram ^1H -NMR dari senyawa 2,3-dihidroksi-pentadekanoat

Tabel 2. Posisi sinyal-sinyal ^1H NMR 2,3-dihidroksi-pentadekanoat

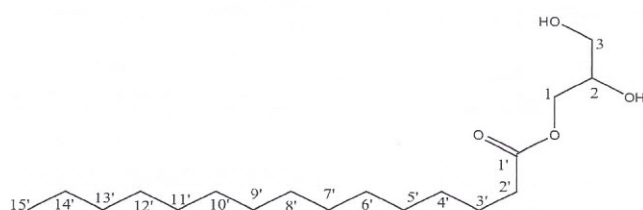
Posisi	δ_{H} (500 MHz) (ppm) (jumlah H, multiplisitas J dalam Hz,)
1	3,43 (2 H, t, $J = 11,47$ Hz)
2	3,52 (t, $J = 11,4$ Hz)
3	3,46 (dd, $J = 1,9; 11,4$ Hz), 3,63 (bd, 1,9 Hz
1'	1,58 (m)
2'	1.41 (4H, bs)
3'	1.41 (4H, bs)
7' - 4'	1.24 (8H, bs,)
14- 8'	1.09 (10 H, bs,)
15'	0.92 (t, $J = 6,7$ Hz)

Keterangan: t = triplet, dd = dublet, bs = broad singlet H = hidrogen, J = konstanta coupling.

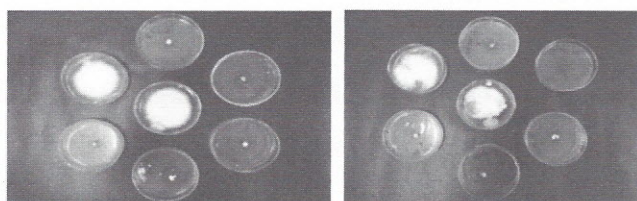
Berdasarkan hasil analisis dengan ^1H NMR, maka dapat disimpulkan bahwa senyawa anti jamur pada fraksi M.2 adalah 2,3-dihidroksi-pentadekanoat (Gambar 5). Senyawa ini termasuk asam lemak jenuh dengan berat molekul 316,19 sama dengan hasil analisis LC-MS yaitu $[\text{M}+\text{H}]^+$ (m/z 317,19) dan rumus senyawanya $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_4$. Hasil identifikasi struktur molekul dengan spektra ^1H NMR menampilkan signal satu gugus metil (CH_3) dalam bentuk triplet yang terlihat pada geseran kimia 0,92 ppm, dan adanya beberapa gugus metilen ($14 \times \text{CH}_2$) yang terlihat pada 1,09 (bs, 10H), 1,24 (bs, 8H), 1,41 (bs, 4H) dan 1,58 (2H). Adanya gugus gliserol terlihat pada δ_{H} (ppm) posisi H-1 pada 3,43 (2 H, t, $J = 11,47$ Hz), H-3 pada 3,46 (dd, $J = 1,9; 11,4$ 1,60 Hz). Spektrum ^{13}C NMR menampilkan signal 18 atom karbon, satu gugus asam karboksilat pada δ_{C} C.4 (173,1). Dua gugus hidroksil pada C-2 (71,28 ppm) dan C,3 (71,86 ppm).

Meningkatnya penetrasi senyawa 2,3-dihidroksipentadekanoat pada membran sel jamur pembusuk kayu terutama pada kandungan sterol rendah sehingga rusaknya *myriscylation* protein, terhambatnya reaksi β -oksida pada sintesea triasilgliserol, serta terhambatnya aktivitas topoisomerase (28, 29,30). Akhirnya fungsi enzim hidrolitik *endo-1,4- β -glukosida*, *exo-1,4- β -glukosida* dan *β -glukosida* yang dihasil hipa jamur pelapuk putih kayu, untuk menghidrolisa selulosa menjadi glukosa, terhambat (31, 32, 33, 34). Bila penetrasi 2,3-dihidroxypropyl pentadecanoate tersebut meningkat menyebabkan tidak

bertumbuhnya jamur pelapuk kayu. Pertumbuhan jamur pelapuk kayu pada fraksi M.2 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Senyawa anti jamur dalam fraksi M.2 dari partisi CHCl_3 ekstrak kayu teras mahalilis.



a. Pertumbuhan jamur *S. commune* Fr b. Pertumbuhan jamur *P. ostreatus*

Gambar 5. Pertumbuhan jamur *S. commune* dan *P. ostreatus* pada partisi M-2 fraksi CHCl_3 dari kayu mahalilis. Pertumbuhan jamur pelunak kayu pada hari ke 7 menunjukkan tidak ada pertumbuhan kecuali pada kontrol positif dan negatif (CCB dan *itraconazole*).

KESIMPULAN

Maserasi dengan metanol mampu melarutkan ekstrak kayu teras mahalilis sebesar 143,43 g. Hasil partisi bertingkat diperoleh ekstrak n-heksana (0,36%), CHCl_3 (5,12%), EtOAc (2,57%), n-BuOH (0,24%) dan residu (0,25%). Partisi CHCl_3 teraktif terhadap jamur *S. commune* dan *P. ostreatus* dibandingkan keempat partisi (n-heksan, EtOAc, n-BuOH dan residu).

Partisi CHCl_3 dilakukan kromatografi kolom, diperoleh 5 fraksi (M.1–M.5). Ke 5 fraksi (M.1–M.5) mengandung senyawa anti jamur, karena mampu menghambat pertumbuhan jamur pelapuk kayu. Fraksi M.2 merupakan teraktif dibandingkan ke 5 fraksi (M.1–M.5) dan kontrol negatifnya (CCB dan *itraconazole*), dimana mampu menghambat pertumbuhan jamur pembusuk kayu *S. commune* $\text{IC}_{50} = 56$ ppm dan *P. ostreatus* $\text{IC}_{50} = 55$ ppm. Ekstrak fraksi M.2 berupa minyak berwarna kekuningan coklat pekat. Senyawa anti jamur yang terkandung di fraksi M.2 yaitu 2,3-dihidroksipentadekanoat berdasarkan hasil spektra LC-MS dan identifikasi struktur ^1H NMR.

DAFTAR PUSTAKA

1. H. Sastrohamidjojo. *Sintesis. Bahan Alam*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (1995).
2. D. Fengel., G. Wegener. *Kimia Kayu dan Reaksi-reaksi Ultrastruktur*. Sastrohamidjojo H. Prawirohatmodjo S. penerjemah: Yogyakarta. Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari *Wood: Chemistry, Ultrastructure Reaction*. (1995).
3. E. Sjöström. *Kimia Kayu*. Hardjono Sastrohamidjojo dan Soenardi Prawirohatmodjo, penerjemah. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Wood Chemistry. Fundamentals and Application*. (1998).
4. J.J Morrell, B.L Gartner, Wood as a Material. Di dalam: Allan B, John W.P, editor. *Forest Product Biotechnology*. Padstow, UK: Taylor and Francis. (1998).
5. B. P. Kaufman, L. J. Cseke, S. Warber, J. A. Duke, III. H. L. Brielmann.. *Natural Products From Plant*. United States of America: CRC Press. (1999).
6. H. Gao. Chemical Analysis of Extrats from Port-Orford Cedar Wood and Bark. [Thesis]. China: The School of Renewable Natural Resources, Univercity Qingdao. (2007).
7. M. R. Rowell, R. Pettersen, J.S. Han, J. S. Rowel, M.A. Tahabalala. Cell wall chemistry, Di dalam: Rowel R.M. editor. *Wood Chemistry and Wood Composites*. United States of Amarica: Taylor & Francis. pp 45-46. (2005).
8. W. Ek Eslyn, J. D. Bultman, L. Jurd. Wood decay inhibition by tropical extractives and related compound. *Journal Physiology and Biochemistry*. 71. ;5:521-524. (1981).
9. W. Syaffii, M. Samejima, T. Yoshimoto T. The Role of Extractive in Decay Resistance of Ulin Wood (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.). *Journal Bull. Tokyo Univ. For*. 77:1-8. (1987).
10. K. Yamamoto, L. T. Hong. Decay resistance of extractives from chengal (*Neobalanocarpus Heimii*). *Journal of Tropical Forest Science* 191:51-55. (1988).

11. T. Okitani, K. Takabe, M. Takahashi. The role of extractives involved in the natural durability of domestic softwood. *Journal Wood Research* 86:51-52. (1999).
12. S. C. Croan. Evaluation of white-rot fungal growth on southern yellow pine wood chip pretreated with blue-stain fungi. *The International research group on wood preservation*. Paper prepared for the 31st Annual Meeting Kona, Hawaii, USA 14-19 May 2000. www.irg-wp.com.
13. L. Jayasighe, B. M. M. Kumarihamy, K. H. R. N. Jayarathna, G. Udishani, B. M. E. Bandara, N. Hara, Y. Fujimoto. Antifungal constituents of the stem bark of *Bridelia retusa*. *J Phytochemistry Elsevier* 62:637-641. (2003).
14. I. W. Kusuma, O. Tomoko, I. Kazutaka, S. Tachibana. Isolation and Identification of an antifungal sesquiterpene alcohol from *Amboyana* wood. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7(10):1735-1740. (2004).
15. C. A. Clausen, V. W. Yang. Multicomponent biocide systems protect wood from decay fungi, mold fungi, and termites for interior applications. *The International research group on wood protection*. The Paper prepared for the 35th Annual Meeting. Ljubljana, Slovenia 6-10 June, 2004. Stockholm Sweden. hlm 1-8. (2004).
16. S. Y. Wang, P. F. Chen, S. T. Chang. Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. *Journal Bioresource Technology Elsevier* 96:813-818. (2005).
16. T. Du, F. Shupe, Y. H. Chung. Antifungal Activities of Three Supercritical Fluid Extracted Cedar Oil. *The International research group on wood protection*. Paper prepared for the 40th Annual meeting Beijing. China 24-28 Mei 2009. (2009).
17. R. A. A. Lelono, S. Tachibana, K. Itoh. Isolation of antifungal compounds from *Gardenia jasminoides*. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12(3): 949-956. (2009).
18. T. Brata. W. Syafii. D. Nandika. Efek termitisida ekstrak kayu *Pterocarpus indicus* Wild dan *Palaquium gutta* Ball terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae). *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian Bidang Ilmu hayat IPB*. Bogor, 16 September 1999. (1999).
19. Y. Hirano. R. Kondo, K. Sakai. Compound inhibitory to rat liver 5 α -reductase from tropical commercial wood species: resveratrol trimer from melapi (*Shorea* sp) heartwood. *J. Wood Sci Springer* 49:53-58. (2001).
20. S. Suprpti. Decay Resistance of 84 Indonesia Wood Species Against Fungi. *Journal of Tropical Forest Science* 22(1):81-87. (2010).
21. O. Lense., Biological screening of selected traditional medicinal plants species utilized by local people of Manokwari, West Papua Province. *Bioscience*. Vol 3. No. 3. Pp. 145-150. (2011).
22. A. G. Tempone, P. Sartorelli, D. Teixeira., Prado O. F., Calixto A. I., Lorenzi H., Melhem SC. M. 2008. Brazilian flora extracts as source of novel antileishmanial and antifungal compounds. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 103(5): 443-449, August 2008. (2008).
23. E. N. Herliyana., Potensi Ligninolitik Jamur Pelapuk kayu kelompok *Pleurotus*. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. (2007).
24. W. Syafii., A study on influence of chemical compound of some tropical woods on decay resistance. [Desertation]. Japan: Laboratory of Forest Chemistry, The Graduate School of Agricultural Sciences, The University of Tokyo. (1988).
25. T. Du., F. Shupe., Y. H. Chung. Antifungal activities of three supercritical fluid extracted cedar oil. *The International research group on wood protection*. Paper prepared for the 40th Annual meeting Beijing. China 24-28 Mei 2009. (2009)
26. K. Vincent. Probit analysis. Found at: . Diakses pada tanggal 30 Januari 2012.